第1章

なぜ今，ハイビジョンなのか，そして何が変わるのか

——ハイビジョンの特徴やNTSC方式との違い，業界動向など

今村元一

2011年にアナログの地上波放送が停止するのを受け，地上ディジタル放送に対応したテレビ受像機が続々と製品化されている．これらの製品のほとんどは，ハイビジョンの高精細な画像を受信できる．ここではハイビジョン対応機器の特徴やNTSC方式との違い，業界動向などについて紹介する．　(編集部)

ハイビジョンに関する機器は，**図1**に示すように単にテレビ放送だけでなく，映画やゲームなどのエンターテインメント，そして医療や自然科学など，画像・映像を必要とするあらゆる分野で使われるようになるでしょう．また，その応用範囲が広がるにつれて伝送方式や圧縮方式も多様化していくと思われます．

2006年4月，米国ネバダ州Las VegasでNAB(National Association of Broadcasters)主催のNAB2006が開催されました．NAB2006は送信機などの放送設備やスタジオ機器の機材展示からIP(internet protocol)放送などの最新技術の提案まで行われる，世界最大級の映像の制作・放送に関する展示会です．今年の展示では，モバイル放送を別にすれば，すべての展示がハイビジョンを前提にしていたといっても言い過ぎではありません．それはまさにディジタル放送時代の本格的な到来を感じさせるもので，今後，民生機器から産業機器に至るまで，すべての分野でハイビジョンが主流になると実感しました．

● 有効走査線数が今のNTSC方式の2倍

ハイビジョンとは，高精細度テレビ(HDTV：high definition television)の日本における愛称です．1964年に臨場感のある映像を追求する目的のもと，日本で研究が開始され，その後世界中でさまざまな方式が提案されました．2000年に有効走査線数が1080本，総走査線数が1125本に全世界で統一され，ITU-R BT.709の改訂版として国際規格化されました(**図2**)．現在では「有効走査線数が720本，順次走査」という規格も加わり，これらがハイビジョンと呼ばれています．ちなみに日本ではディジタル放送用チューナの出力にD端子が採用され，D1とD2がSDTV(Standard Definition television：標準画質テレビ)方式，D3とD4，D5がHDTV方式と定義されています(**表1**)．平たく言うと，総走査線525本の信号がSDTV，総走査線750本と1125本の信号がHDTVということになります．なおSDTVは，同じ走査線525本のNTSC方式よる従来のアナログ放送とは別のものです．

● ハイビジョンに関する知識は多くの設計技術者に必須

現在もMUSE方式[注1]によるHDTV放送が行われていますが，BS(broadcasting satellite)のHDTV専用チャネル1本だけの放送です．市販されるテレビやチューナにおいてHDTV放送を受信する義務はなく，受信できるテレビは高価だったので，HDTV放送の視聴者はごく一部に限られていました．しかし，ディジタル放送になるとかなり様相が違ってきます．ディジタル放送の番組制作側からテレビまでの大まかな流れを**図3**に示します．ディジタル放送で

注1：サブサンプリングと動き補正技術を用いた一種のデータ圧縮方式のこと．現在のディジタル放送と対比してアナログ方式と呼ばれている．圧縮そのものにはディジタル技術を使っている．

KeyWord
NAB，高精細テレビ，HDTV，ITU-R BT.709，1080本，1125本，SDTV，サイド・パネル，xvYCC，RGB，sRGB，SDI，H.264

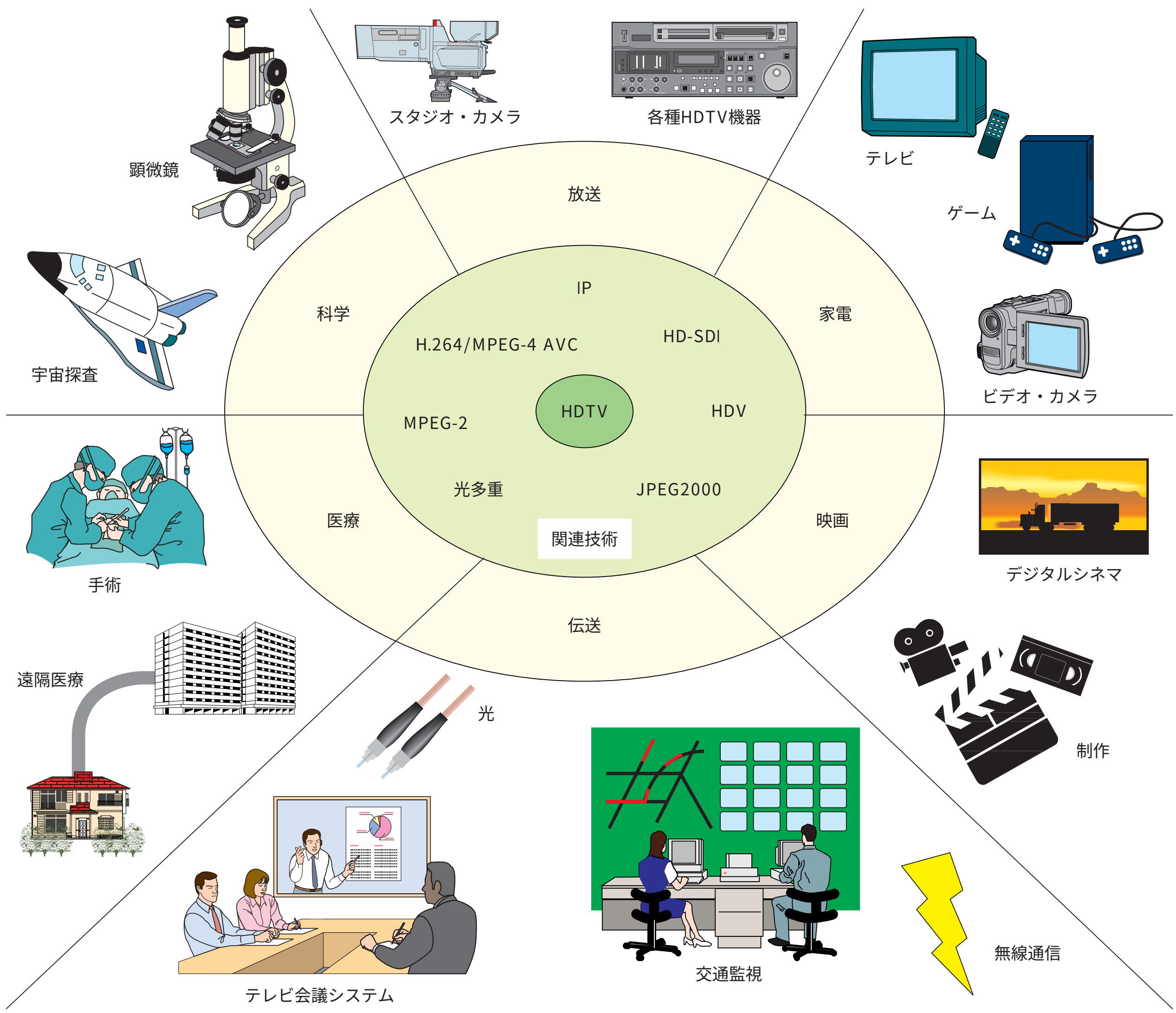


図1　ハイビジョンは今が成長期
応用範囲が広がるにつれて，伝送方式や圧縮方式も多様化していく

1964年	研究開始
1989年	MUSE方式によるアナログ・ハイビジョンの実験放送開始
2000年　3月	ハイビジョンの国際標準化（ITU-R　BT.709）
2000年 12月	BSデジタル放送によるハイビジョン放送開始
2003年 12月	地上デジタル放送によるハイビジョン放送開始

図2　HDTV方式実用化への歴史
アナログ・ハイビジョン関連の受像器は高価だったが，地上デジタル放送により多くの人がハイビジョンの恩恵を受けられる

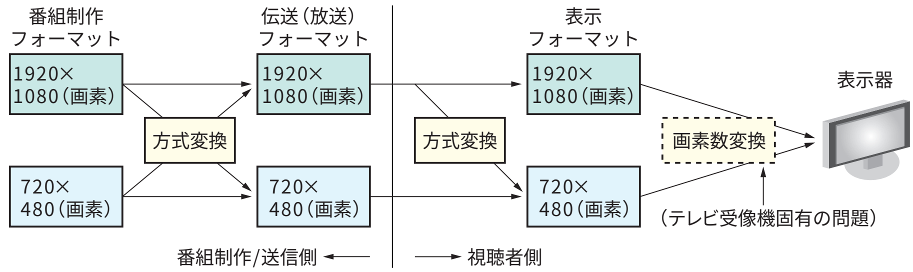
は，一つのチャネルについてSDTV方式とHDTV方式のいずれかでコンテンツ制作を行い，SDTV方式とHDTV方式のいずれかで伝送（放送）し，SDTV伝送のコンテンツはSDTV方式で，HDTV伝送のコンテンツはHDTV方式かSDTV方式で視聴するシステムです．

ここでの基本的な考えかたはアナログ放送の時代でも同じですが，アナログ放送と決定的に違うのは，HDTV方式による放送を基本としていることです．つまり，ディジタル放送時代のテレビはかならずHDTV放送を受信できなければならないのです．SDTV放送の画質でしか視聴できないテレビでもHDTV放送のコンテンツはつねに視聴できるように義務づけられているのが，アナログ放送時代と大き

表1
D端子の対応する映像フォーマット

D端子規格	480i	480p	1080i	720p	1080p
D1	○	×	×	×	×
D2	○	○	×	×	×
D3	○	○	○	×	×
D4	○	○	○	○	×
D5	○	○	○	○	○
	SDTV		HDTV		

図3
制作側，視聴者側におけるディジタル放送の画素数
ディジタル放送では，一つのチャネルについてSDTV方式とHDTV方式のいずれかでコンテンツ制作を行い，SDTV方式とHDTV方式のいずれかで伝送（放送）し，SDTV伝送のコンテンツはSDTV方式で，HDTV伝送のコンテンツはHDTV方式かSDTV方式で視聴する



く異なる点です．言い換えれば，表示画質がSDTVレベルのテレビでも，HDTV信号をSDTV信号に変換する機構，あるいは表示前に画素数を変換する機構を持つ必要があります．したがって，これからのテレビはどのようなテレビでも，かならずHDTV信号を扱うことになります．

一方，番組の品質面（画質）を考えれば，HDTV方式でコンテンツを制作して必要に応じてSDTV方式に変換するのが望ましい方法です．しかし，現在，HDTV機器の価格や信号処理にかかる費用は，明らかにSDTVの費用よりも高く，「すべてHDTV方式で」というのはコスト的に実現が難しいのが現状です．現在，地上デジタル放送はアナログ放送との同時放送が前提であるため，SDTVからアップコンバート（SDTV→HDTV変換）した番組がその大半であることからもわかります．アップコンバートされた画像は，アスペクト比[注2]が事実上4：3で，画像の両側をロゴなどで埋めるサイド・パネルを挿入していることが多いようです（**図4**）．しかし，最近登場したハイビジョン・カメラに象徴されるように，制作環境の整備コストが下がる傾向が，NAB2006でもはっきりと打ち出されています．SDTV方式と同程度の制作コストでHDTV方式のコンテンツが作れる見通しが出てきました．コンテンツはHDTV方式で制作することがあたりまえ，という日もあまり遠くないと思います．



図4　4：3画像を16：9の画面に表示するとき埋め込まれるサイド・パネル
アップコンバートされた画像は，画角が事実上4：3で，画像の両側をロゴなどで埋めるサイド・パネルを挿入していることが多い

このように放送の世界では，視聴者の意向にかかわらずHDTV方式化が着実に進行中で，放送関係やテレビの設計，あるいはそれらの機器に搭載される半導体の設計者にとっては，HDTV方式に関する知識が必須という状況です．

1．ハイビジョン，NTSC方式から何が変わるのか

HDTV方式の利点は画質が良いことといわれますが，HDTV方式の高画質とはなんでしょうか．**表2**にSDTV方式とHDTV方式，NTSC方式の仕様上の違いをまとめました．**表2**の比較で際だつのは，水平総サンプリング数です．この違いからHDTV方式は細かいところが良く見えるという評価が生まれます．もちろんそれは正しいのですが，HDTV方式が高画質である理由は単にそれだけではありません．BSデジタル放送では，従来のSDTV放送に対するHDTVの優位性を生かした番組作りがいくつか見られます．実際にフルスペックのHDTV番組をじっくり観賞している方であればお気付きのことと思いますが，HDTV方式の高画質というのは単に細かいところがよく見えるというようなことではなく，より肉眼に近い感覚が得られるところに特徴があります．HDTV方式は解像度の向上だけでなく，16：9という画角や色再現性の見直しを行って，研究開始当初の目的であった「より臨場感のある自然な映像の再現」が可能となっています．

● 輝度と色差信号を別々に扱う

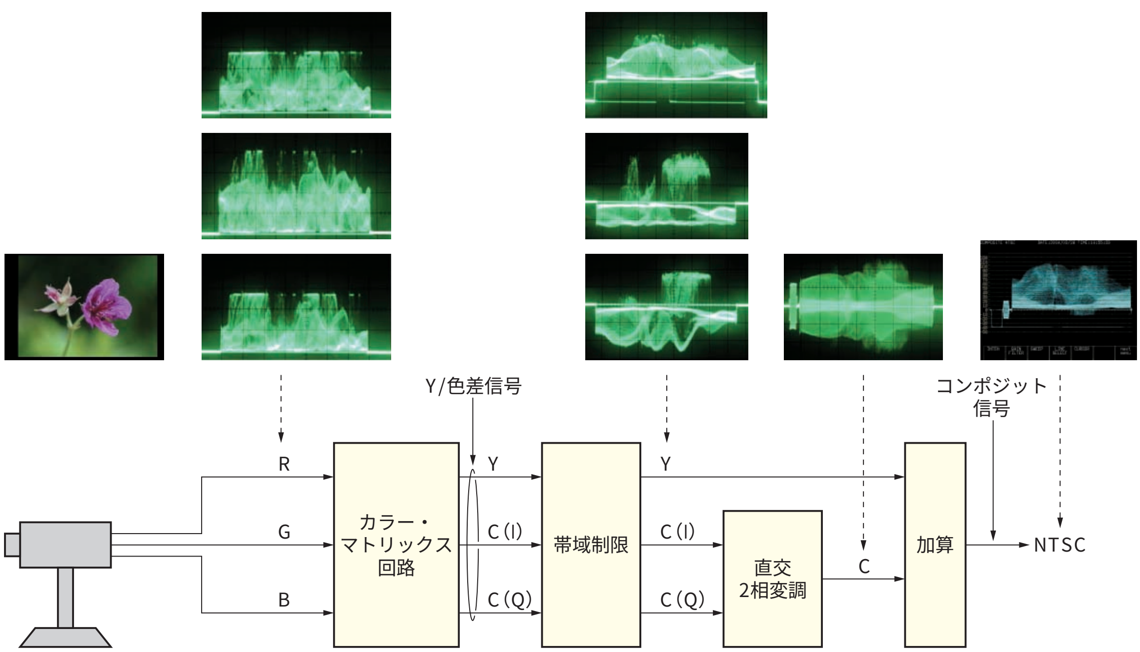
NTSC方式とハイビジョンの違いを述べる前に，映像信号を簡単におさらいしておきます．**図5**は，ビデオ信号の

注2：画面や画像の縦横比のこと．

表2 NTSC，ハイビジョン各方式におけるアナログ信号とディジタル信号のパラメータ

ハイビジョンと呼ぶ範囲（HDTV方式）

項目	方式	NTSC方式	SDTV方式 480i	SDTV方式 480p	HDTV方式 1080i	HDTV方式 1080p	HDTV方式 720p
基本パラメータ	総走査線数	525			1125		750
	有効走査線数	480			1080		720
	走査方式	飛び越し		順次	飛び越し	順次	
	アスペクト比	4：3		4：3/16：9	16：9		
	フレーム周波数	29.97Hz		59.94Hz	29.97Hz	59.94Hz	
	ライン周波数	15.734kHz		31.468kHz	33.716kHz	67.432kHz	44.955kHz
	カラー・マトリックス	SMPTE 170M			ITU-R BT. 709		
アナログ・パラメータ	信号帯域幅Y	4.2MHz	5.5MHz		30MHz	60MHz	30MHz
	信号帯域幅Pb	0.5MHz(Q)	2.75MHz		15MHz	30MHz	15MHz
	信号帯域幅Pr	1.5MHz(I)	2.75MHz		15MHz	30MHz	15MHz
	同期信号	2値同期			3値同期		
ディジタル・パラメータ	水平総サンプリング数Y	910	858		2200		1650
	水平有効サンプリング数Y	768	720		1920		1280
	水平総サンプリング数Pb，Pr	—	429		1100		825
	水平有効サンプリング数Pb，Pr	—	360		960		640
	サンプリング周波数Y	14.318MHz	13.5MHz	27MHz	74.18MHz	148.35MHz	74.18MHz
	サンプリング周波数Pb，Pr	—	6.75MHz	13.5MHz	37.09MHz	74.18MHz	37.09MHz



注）I，Q信号はNTSC方式独自の色差信号で，C(Pr)，C(Pb)から変換された信号

図5 NTSC信号の生成過程

NTSC信号はRGB信号をカラー・マトリックスにより輝度/色差信号に変換する．次に色差信号を副搬送波変調して輝度信号(Y)に加算し，一つの信号にまとめて伝送している

元となるRGB信号からNTSC信号ができるまでの過程を示したものです．**図5**からわかるように，NTSC信号はRGB信号をカラー・マトリックスによって輝度/色差信号(以降，Y/色差信号)に変換します．次に色差信号を副搬送波変調して輝度信号(Y)に加算し，一つの信号にまとめて伝送(放送)しています．

これに対してディジタル放送のSDTV信号とHDTV信号の生成過程を示したのが**図6**です．**図6**からわかるように，HDTV方式，SDTV方式ともにNTSC方式と同じY/色差信号を伝送しています．しかし，NTSC信号と違い，一つの信号にまとめることをせずにY/色差信号(最近はYCCとも呼ばれる)をそのまま伝送します．

そこで，とくにSDTV方式の映像信号を，NTSC方式と区別するためにコンポーネント信号と呼びます．もちろん



図6　ディジタル放送のSDTV信号とHDTV信号の生成過程
NTSC方式と同じY/色差信号を伝送している．しかしNTSC信号と違い，一つの信号にまとめることなくY/色差信号をそのまま伝送している

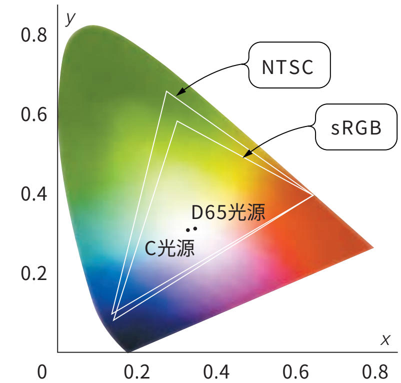


図7
NTSC方式とsRGBの表現できる色の違い
sRGBは人が感じる色範囲の約55％しかカバーできていない

HDTV方式の映像信号もコンポーネント信号の一種ですが，HDTV方式にはもともとNTSC方式のように信号を一つにする概念がないので，HDTV信号をわざわざコンポーネント信号と断ることはしません．

表2に示したようにHDTV方式をSDTV方式やNTSC方式と比較すると，輝度の解像度が圧倒的に高く，走査線数が多いので，当然，輝度信号のアナログ伝送帯域幅やディジタル化したときのサンプリング周波数も約5.5倍と高くなっています．また，色差信号の帯域も広く，NTSCと比較すれば30倍です．なお，**表2**はスタジオ規格としての公的な規格の引用ですので，実際に運用されている信号は機器の制約や放送，圧縮方式の違いから**表2**の値を下回ります．

● xvYCCカラー・マトリックスを利用する

表2の項目の中で重要なのがカラー・マトリックスの違いです．この違いを図示したのが**図7**です．カラー・マトリックスは，CIE色度図[注3]上に基準となるRGBを定め，それをもとにY(輝度)信号を作る式のことです．NTSC方式，SDTV方式は，NTSCのカラー方式が策定されたときのRGBによってできた変換式が用いられています．しかし，実在のCRTディスプレイでは，このRGBを再現することができず，HDTV方式では実情に即した値に変更した変換式が国際規格であるITU-R BT.709で定められました．これはsRGBとも呼ばれており，白色も色温度[注4]6500に変更されています．

図7からもわかりますが，sRGBは「Munsell Color Cascade」[注5]と呼ばれる高彩度の色票(人が感じる色範囲)の約55％しかカバーできていません．しかし薄型テレビ全盛の時代を迎え，ディスプレイの色再現領域の拡大が可能となり，2006年1月に，「Munsell Color Cascade」の全域をほぼカバーするxvYCCという呼称のカラー・マネージメント・システムが，IEC(International Electrotechnical Commission；国際電気標準会議)によりIEC61966-2-4という番号で規格化されました．これは電子情報技術産業協会(JEITA)のカラー・マネジメント標準化グループが「色再現領域を広げよう」という検討の結果をIECに提案し，採用されたものです．しかし，このxvYCCが放送などの身近なコンテンツに適用されるのは，まだ先のことになるでしょう．

注3：2次元グラフ上の点が，測定した色や光源の色度を表す．馬てい形をしたスペクトル軌跡によって定義される．
注4：ある色を放つ光源に含まれる青紫光と赤色光の相対的な強さを表す．
注5：色空間の広さやディスプレイの色再現域を評価するために有用な表面色を規定した色票集．

● 高帯域化により設計の留意点が増える

HDTV信号はコンポーネント信号の一種ですから，アナログ信号では当然，3本の伝送路が必要です．1本の伝送帯域幅は30MHz(輝度)なので，アナログ伝送としての基本を守ればまず問題は起きませんが，3本の伝送路の等長性やゲインの同一性には注意が必要です．日本で採用されているD端子や欧州のSCART端子の応用は，利便性の向上とともに，使用者にコンポーネント信号の注意点を意識させない点でも優れています．

放送局では，HDTV信号をアナログで扱うことは少なくなってきており，SDI(serial digital interface)という同軸ケーブル1本で伝送できるディジタル伝送が主流になっています．SDIは**図8**に示したようにY/色差信号の時分割多重を行った後，シリアル化して伝送する方式です．HDTVのSDI信号の伝送規格も**図8**の中に示します．

SDIの注意点は，その伝送レートの高さとビデオ信号特有の広帯域性をうまく両立して伝送することにつきます．1.5Gbpsのディジタル信号を伝送するには，3GHz以上まで帯域が確保されていることが理想です．SDI信号ではパラ

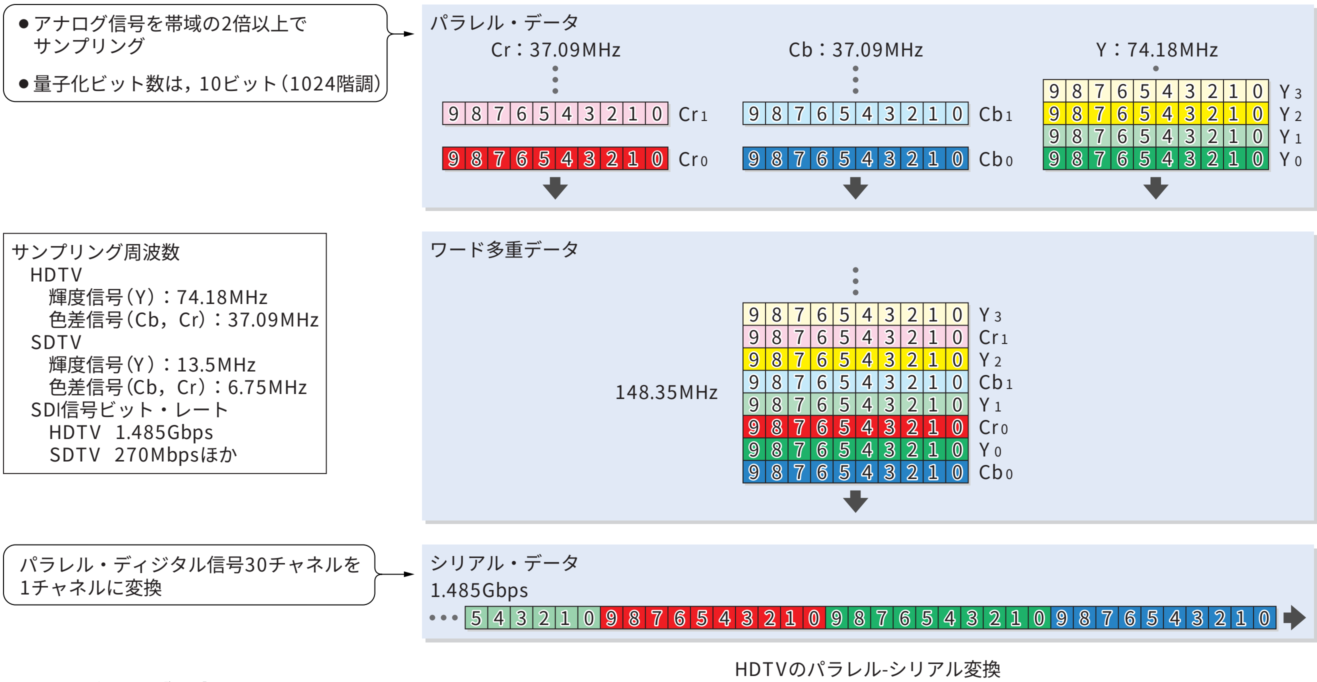


図8　SDI信号の成り立ち
Y/色差信号の時分割多重を行った後，シリアル化して伝送する

レル-シリアル変換後にデータの状態によっては直流分が発生してしまいます．そこでスクランブルやNRZI（non return to zero invert）によるくふうでシリアル後の直流分発生を防ぐように考慮しています．しかし，それでも5MHz程度からは帯域を確保する必要があり，SDIの伝送では広帯域にわたって伝送損失やインピーダンス特性などの伝送特性が確保されなければなりません．プリント基板の設計などにおいては十分に注意する必要があります．ICメーカがマニュアルなどに示している評価基板の例などを参考にするとよいでしょう．

実際には回路設計だけでなく，伝送ケーブルやコネクタ類の選択にも気を遣う必要があります．規格では伝送ケーブルについて，L-5CFB注6相当のケーブルを基準として考えていますが，より性能の良いケーブルを使うに越したことはありません．HD-SDI伝送では周波数がたいへん高いので，75Ωのケーブルやコネクタを正しく使う必要があります．

民生機器でもHDMI（high definition multimedia interface）規格によりHDTV信号のベースバンド・ディジタル伝送が始まっています．HDMI規格においては，TMDS（transition minimized differential signaling）という差動伝送方式が採用されており（図9），可能なデータ伝送速度は5Gbpsときわめて高くなっています．HDMIは音声の同時伝送や著作権保護機能が強力なことから，次世代のインターフェースとして最有力です．現在，HDMIはVer. 1.2aが最新ですが，2006年末にはxvYCCを見据えたVer. 1.3がリリースされる予定です．従来のHDMI規格では，データ伝送能力に制約があり，最大でも1080iでRGB各色8ビットのいわゆる24ビット・カラーまでしか伝送できませんでした．しかし，2006年1月に発表された新しいHDMI規格では，データ伝送能力が従来の2倍に拡張され，1080pでRGB各色12ビットの36ビット・カラー表示に対応する予定です．

● 圧縮技術の理解と選択する能力が求められる

放送でHDTV信号を伝送する際には，1.5Gbpsの信号（ブランキング期間を含む）をそのまま伝送するわけにはいかないため，圧縮技術が使われます．現在，HDTV信号を放送することを前提とするディジタル放送規格として，日本のISDBと米国のATSC，欧州のDVBの三つが存在します．そして，衛星と地上波（固定受信）ともにMPEG-2を用いています．MPEG-2は動画の圧縮に適したものとして，

注6：LはLowノイズのL．カナレ電気における呼称．FBは発泡ポリエチレンを絶縁材料に使っていることを表す．

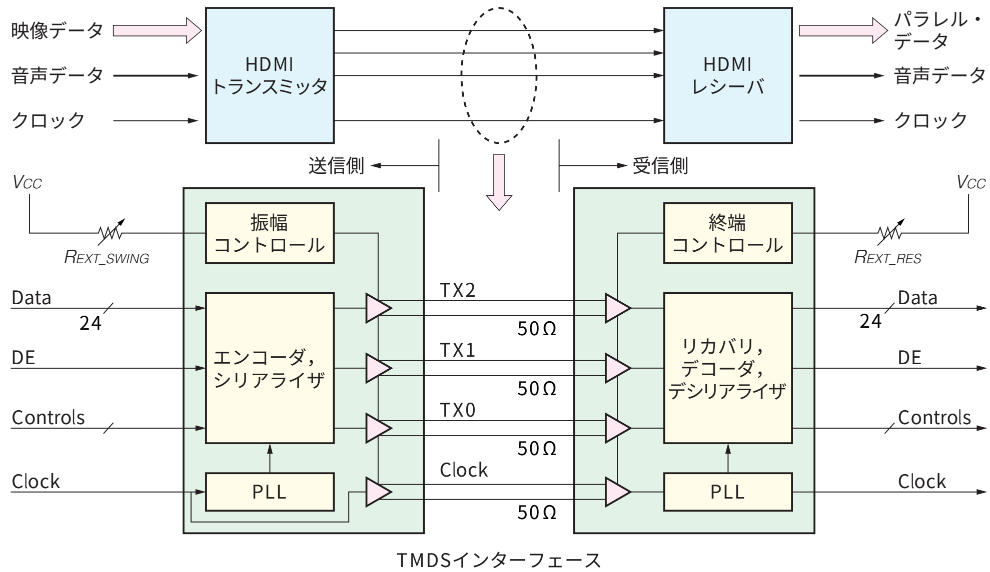


図9
HDMI規格で採用されているTMDS差動伝送方式
2006年1月に発表された新しいHDMI規格では，伝送能力が従来の2倍に拡張され，1080pでRGB各色12ビットの36ビット・カラー表示に対応する予定

1990年ごろに開発された技術です．ディジタル放送ではHDTV信号を1/50以下のデータ量まで圧縮しています．

このようにMPEG-2が普及した現在でも，MPEG-2方式でさらに高い画質を低いビット・レートで伝送する試みが行われています．例えば，ピクチャ構造やピクチャ種類の選択，プリフィルタやポスト・フィルタの導入といった最適化の検討が進み，20～30%の効率化を実現しています．

HDTVの圧縮技術としてMPEG-2がもっとも優れているかというと，そうでもなさそうだということが，NAB2006の展示からもわかりました．NAB2006では，移動体向け放送の圧縮方式として注目されていたH.263やH.264/MPEG-4 Part10 AVCといった，より効率の良い圧縮技術によるHDTV伝送の展示がたいへん多く見られました．ちなみにH.264はMPEG-2に比べ，2倍以上の圧縮を行っても同じ程度の画質が得られるとされています．もっとも，H.264は技術的には現在進行形で，HDTV方式の高画質に適した状態に落ち着くには，あと2～3年必要との意見もあります．

また，NAB2006では放送中継用として，圧縮時の演算による遅延がMPEGやH.264と比べて大幅に少ない圧縮方式の展示もあり，まだまだ技術は進化することがうかがえます．もう始まっている衛星や地上波（固定受信）の圧縮方式を今から変更することは，すぐにはないと考えられますが，高圧縮率は魅力的であり，欧州やアメリカではH.264を固定放送に使うことも検討され始めています．

さらに，もう一つの放送の潮流であるネットワークによるIP放送では，受信側に最新のデコーダ・ソフトウェアを配信することがたやすいため，WMV9（Windows Media Video9）などの独自技術も含め，H.264の技術的な延長線上でさらに性能の良い最新の圧縮技術が採用されることとなりそうです．

ところでディジタル放送で欠かせないものに移動体向けの放送がありますが，移動体向けの代表であるワンセグ放送は，HDTV放送を伝送できる能力を備えていません．また，変調方式も安定受信を前提にしたQPSK（quadrature phase shift keying）方式であり，伝送能力もまだ低いものです．これは移動体では大きなディスプレイを用いることを前提にしておらず，よって表示画素数も限られることから，かりにHDTV放送を受信できたとしてもHDTV放送の画質的なメリットを享受することは難しいからです．したがって移動体向けにHDTV放送が行われることは当分ないと考えられます．なお，車載テレビでは，固定受信向けの12セグ放送を受信すれば，HDTV放送を楽しめます．

● 大スクリーンを対象にまだまだ進化の途中

スターウォーズなどの映画制作にHDTV方式が使用されているのは周知の事実ですが，HDTVは映画向けには放送とは異なる方向へ進化していく気配があります．それは大スクリーンを対象にしたさらなる高解像度化です．放送向けでもっとも高解像度のものは1080p（順次走査）ですが，映画向けには2K（水平画素数2048×走査線1000），4K（同4096×2000）と呼ばれる高解像度規格が実際に動き出して

います．4Kでは通常のHDTVの画素数（200万画素）の4倍となる800万画素が得られます．

これらの技術は「デジタルシネマ」と呼ばれており，映画制作や上映の中心技術となっていくと考えられます．例えば映画館に対してJPEG2000で圧縮し，IP伝送化する技術が研究され，実用化の目前です．今回のNAB2006では，NHK放送技術研究所が，走査線の本数が4000本クラス，横7680画素×縦4320のスーパハイビジョンの映像を展示していました．視聴希望者が長蛇の列を作っており，上映終了時には拍手が起きるほどの大迫力映像を映し出していました．この映像は5月のNHK放送技術研究所の一般公開でも上映されたので，ご覧になった方もいることでしょう．

そのほか映像コンテンツとして，NAB2006の会場の屋上に設置した専用のカメラからのライブ映像を上映していました．約24GbpsをMPEGにより640Mbps程度まで圧縮（約1/40）し，ギガビットEthernetによるIPネットワークで伝送していました．このような超高性能の技術が一気に普及するとは考えられませんが，HDTV方式による映像の電子化が加速することはまちがいないと感じられる展示でした．

● NTSC方式との互換性は捨てられない

ここで少し余談になりますが，HDTV方式とNTSC方式の関係について触れておきます．HDTV放送全盛期になれば，NTSC方式はまったく関係なくなるのかというとそうでもありません．もちろん現在では方式変換によりアップコンバート，ダウンコンバートが行われるので，密接な関係があります．また，放送局内ではHDTV方式の番組を制作する設備の基準としてNTSC信号が使われています．これはNTSC放送またはSDTV放送とHDTV放送のサイマル放送[注7]などでつごうが良いからです．

以上のような関係から，現在のHDTV方式のフレーム周期は29.97Hzで，NTSC方式と同じになっています．実はHDTVのフレーム・レートは当初30Hzであったのが（アナログHDTV放送は30Hzで行われている），長野オリンピックが開催された時期からHDTV放送とNTSC放送の同時制作や相互変換の必要性が高まり，NTSC信号を基準とするようになりました．ディジタル放送ではHDTVもフレーム・レートが29.97Hzとなっています．現在，新たにディジタル放送を目ざして作られる放送設備もNTSC方式を基準とするように設計されているものが大半なので，当分はNTSC方式とHDTV方式の間の密接な関係は続くと考えられます．

2．ハードウェアはどう変わるのか

HDTV方式の映像信号は，コンポーネント信号の一種であると述べました．電気信号的に見るとHDTV方式とSDTV方式の違いは帯域幅の違いで，HDTV信号の帯域幅，サンプリング周波数は5.5倍となっています（アナログ波形的には同期信号の形も違う）．したがって，HDTV信号を扱うハードウェアはSDTVのハードウェアの帯域幅を5.5倍にスケール・アップすればよいことになります．ここではケーブルとコネクタ，アンプ，フィルタについて，運用事例や使用上の注意点を述べます．

● 誘電率とインピーダンス整合に留意

映像信号の伝送では75Ωの同軸ケーブルが使われます．同軸ケーブルに使用されている絶縁体は一般にポリエチレンですが，同軸ケーブルに使われる絶縁体の理想的な材質は空気です．空気はもっとも誘電率が低く，キャパシタンス成分が少なくなるため，信号の伝送損失がもっとも少なくなります．そこで，発泡ポリエチレンを使って絶縁体の実効誘電率を下げ，伝送損失を少なくしたケーブルがあります．通常，5C2Vと呼ばれるC2V系は，ポリエチレンが絶縁体です．5CFBと呼ばれるCFB系は発泡ポリエチレンを絶縁体に使っています．最近では高発泡型と呼ばれる，より誘電率を下げた製品が出ています．発泡型や高発泡型の絶縁特性は良好ですが，物理的な力に対して絶縁材の誘電率が変わりやすい傾向があり，強い力でつぶしたり急な角度で曲げたりすると，特性が急に悪化することがあります．

映像機器に使われるコネクタには，BNCやRCAピン，D端子などがあります．ここでは業務用機器に多用されているBNCタイプについて説明します．BNCコネクタも同軸ケーブルと同様に50Ωと75Ωのものがあります．ベースバンドの映像信号を扱う場合，75Ωのケーブルの両端に75Ωコネクタを使用するべきですが，50Ωコネクタを使っても特性に差を感じることは少ないと思います．それはコネクタとケーブルのインピーダンスのミスマッチが起きて

注7：現行のアナログ放送とディジタル放送において，一つの番組を同時に複数のチャネルで放送すること．

1

いる場合，リターン・ロス（戻り損失）の悪化が顕著になるのは100MHzを越えるあたりからだからです．しかし，HD-SDI信号のようなGHz帯の伝送には，インピーダンス整合は必須条件です．

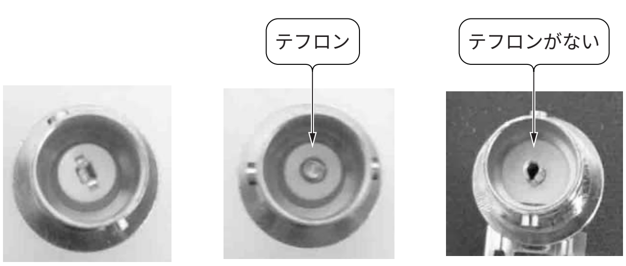
写真1に50Ωと75Ωのコネクタの違いを示します．市販の低価格品のレセプタクルには，**写真1(a)**のように，中心導体がフォーク・ピンになっている品種もありますが，インピーダンス特性が考慮されているとはいえないので，HDTVではベースバンドに使うのも控えたほうがよいようです．

インピーダンスを保証するBNCコネクタでも，価格によって特性を保証する帯域が異なり，1GHz程度までしかVSWR（voltage standing wave ratio）を規定していない製品が多くあります．1GHzまで保証されたものを映像のベースバンド信号で使うことは問題ありません．しかし，HD-SDI信号の伝送には，2.4GHz以上を保証するものか，HD-SDI信号用と明示されたものを選ぶのが無難でしょう．

● 帯域幅200MHz以上のアンプが必要

アナログ信号を扱う際に切り離せない電子部品にアンプとフィルタがあります．アンプについて言えば，アナログHDTV信号の輝度帯域幅は30MHzですから，30MHzまで周波数特性や位相特性が保証されている必要があります．OPアンプを使って2倍，5倍といった増幅器を作ってこの特性を得ようとする場合，データシートの小信号帯域幅が200MHz以上の特性をうたったものでないと使用できません．とくに業務用では増幅度の周波数平たん度を1％未満に抑えなければならない場合もあって，かなり気を遣います．

放送局でHDTVが本格的に始動した10年ほど前は，HDTVの増幅器に使えるOPアンプがほとんどなく，あってもたいへん高価でした．電流帰還型のOPアンプの登場で高速OPアンプがかなりリーズナブルに入手できるようになり，現在ではたくさんの種類のOPアンプが提供されています．また，電流帰還型の入力インピーダンスの低さや静電流の多さをカバーする「AD8058（米国Analog Devices社製）」のような電圧帰還型の高速OPアンプも登場しています．



(a) 汎用　(b) 50Ω　(c) 汎用

写真1　75Ωコネクタと50Ωコネクタの外観の差

● D-A変換後に欠かせないローパス・フィルタ

映像信号をA-D変換，D-A変換する際に欠かせないのがフィルタです．とくにD-A変換時のローパス・フィルタは欠かせません．大別すると，フィルタには*LC*によるパッシブ・フィルタとOPアンプを使ったアクティブ・フィルタがあります．

従来は，前述のようにOPアンプに適当なものがなかったこともあり，D-Aコンバータ用のフィルタは*LC*が主流でした．現在でも放送局のスタジオ・レベルの品質が要求されるような場合は，*LC*フィルタが使われます．ただし，特性の良いものは1個1個チューニングするため，名人の手作りのような面があってかなり高価（数万円以上）です．**図10**は双信電機製のスタジオ・レベル・フィルタの例で，**(a)**はフラットな特性を持つもの，**(b)**はD-A変換によって起こるアパーチャ効果を補正する特性を持たせたものです．

民生用途には*LC*型でも，もっと低価格の品種が使われ

COLUMN

75Ωケーブルと50Ωケーブル

同軸ケーブルの元祖は，円筒の金属パイプの中に断面が円の中心導体を置いたものです．この構造における絶縁体はもちろん空気で，同軸ケーブルの芯線と外部導体の径の比は，もっとも伝送損失が少なくなるような設計になっていました．このときの伝送インピーダンスが約75Ωなので，同軸ケーブルのインピーダンスは本来，75Ωだったことになります．

1940年代になって，絶縁材をポリエチレンとしたフレキシブルなケーブルが登場し，ポリエチレンの誘電率（約2.2）からインピーダンスが50Ωとなり，高周波用ケーブルのインピーダンスは現在まで50Ωが主流です．

現在の75Ωケーブルは，50Ωケーブルの外径と絶縁体を変えずに75Ω化したものです．そのため，中心導体の径が50Ωのものに比べて30%ほど細く，伝送損失も50Ωに比べると大きくなっています．例えば，5C2V（75Ω）と5D2V（50Ω）を比べると，1GHzの信号を1km伝送する線路において50dB程度の違いがあります．

ますが，30MHzまでの特性をカバーするのは難しくなります．一方で，OPアンプの高性能化により，アクティブ・フィルタの提案もICメーカからなされています．HDTVではつねに3チャネルの信号を伝送する必要があることから，3チャネル分のビデオ・バッファにフィルタを内蔵させたICが続々と発売されました．今年(2006年)の初めには放送規格であるSMPTE274Mに準拠した特性をもつフィルタを内蔵したICも発売され，業務用機器への応用も可能となりました(**図11**)．

3. HDTV放送の普及効果

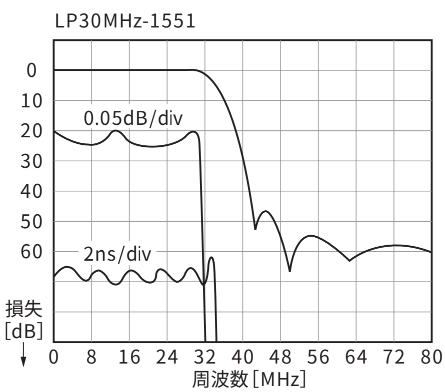
HDTV放送に携わる企業は，いやおうなしにテレビ放送のHDTV化を意識せずにはいられません．単に放送局や放送事業者(番組供給事業者)，テレビのメーカだけの問題ではなく，テレビの周辺機器メーカから映像制作事業者，ポスト・プロダクション(撮影後の作業の総称)，スタジオ事業者までをも巻き込む，業界全体で対応するべき課題です．

● ディジタル放送対応テレビは2011年までに1億台普及

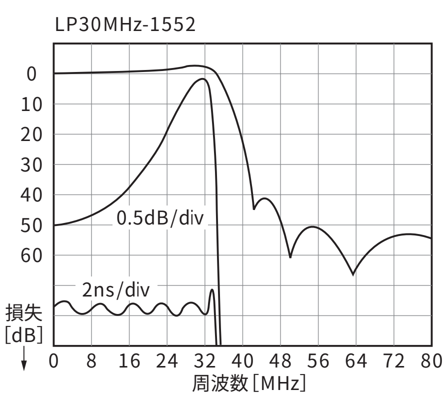
日本中のテレビがハイビジョン機能を搭載する機種に買い換えられたとしたら，それだけで相当な経済効果が生まれます．総務省ではアナログ放送停止が予定される2011年にはディジタル放送に対応するテレビが1億台普及すると予想しており，そのすべてがHDTV放送のコンテンツを視聴できるようになります．このため，テレビ本体を作る，サービスするといった現場では，数年前からHDTV信号に対応した生産・サービス設備の需要が急速に高まっており，各社ともHDTV放送関連の機器の充実を図っています(**写真2**)．もっともハードウェア面の予測はかなり前から行われていたので，HDTV放送普及の効果は，各社にとって織り込み済みといえるのかもしれません．

● 高画質の番組を多数制作するための設備や人手が必要に

HDTVの普及効果は番組制作にとっても，当然，重要な意味を持つといわれています．単純に考えてもBS放送開



(a) フラット・タイプ



(b) アパーチャ補正効果をもつタイプ

図10 スタジオ・レベル・フィルタ(双信電機製)の特性例
特性の良いものは1個1個チューニングするために，名人の手作りのような面がある



写真2 主要なHDTVフォーマットに対応した生産現場向け信号発生器LT448(リーダー電子製)の外観

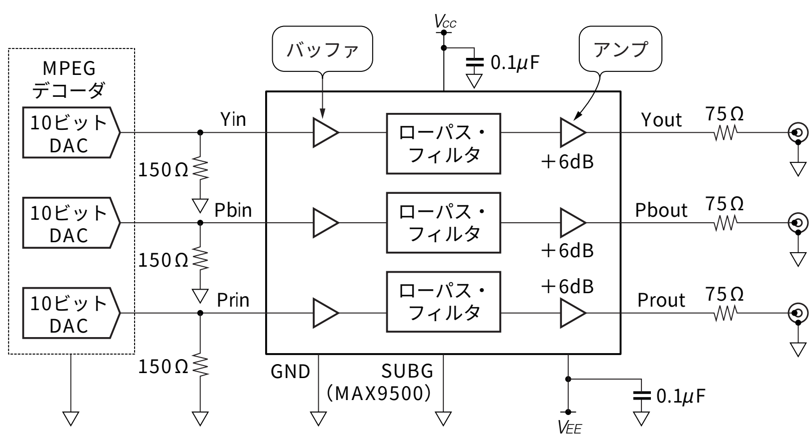


図11 ローパス・フィルタを内蔵したビデオ・バッファMAX9500(米国Maxim Integrated Products社製)
3チャネル分のビデオ・バッファにフィルタを内蔵させた

始やIPテレビの普及によるチャネル数増加により，番組制作のしごとの機会が増す可能性があります．しかし，HDTV番組制作では，しっかりとHDTVの特徴を出せる能力をもつ会社でないと生き残れない時代になっていくとも言われます．前述のようにHDTV対応テレビが普及するという現実から，視聴者の側からより高画質な番組を求める声が高まってくると予想されます．それに対応するためには，制作段階から高い画質で映像を制作できる体制を整えなくてはならなくなります．

現在，HDTVで番組を作るには，コストがよけいにかかります．HDTV主体の時代が来ると，それぞれの放送局が番組にかけられる制作費を引き上げられず，よい番組を低コストで作るアイデアの勝負になります．従来からの番組制作者には，HDTVらしい番組を作る際に，HDTVの表現力をどう生かしてよいのかというとまどいもあるようです．そのため，良質なHDTV番組が不足すると予測して，良質のコンテンツを買ってきて供給するというビジネス・モデルがでてきました．

● コンテンツ伝送のためのネットワークの整備が必須

番組制作ではなく，でき上がった番組を届ける伝送路の部分でも劣化の許されない高品質な映像を迅速に送り届けることが必須となります．従来は，人手を使ったマスタ・テープの搬送が主でしたが，ネットワークによる電子データの伝送が重要になると考えられます．HDTVのネットワークによる伝送では，HDTVの伝送レートが高くなるために，映像伝送路のかなりの部分がケーブル・テレビの伝送路のように光ファイバ化されてきています．そこへ，さらに高い品質や利便性の向上が求められるのはいうまでもありません．制作現場レベルの伝送路の光ファイバ化を視野に入れた対応も始まっています．伝送路の光ファイバ化は，HDTV時代を迎える映像ビジネス業界にとって，真剣に取り組まなければならない課題です．光ファイバは波長分割多重技術を導入したことで，複数の映像信号を同時に伝送することも可能です．つまり，光ファイバの投入により，伝送コストを引き下げることができます．例えば，これまではコストや技術の面でとても実現が難しかった世界中からのHDTV中継も実現できそうです．

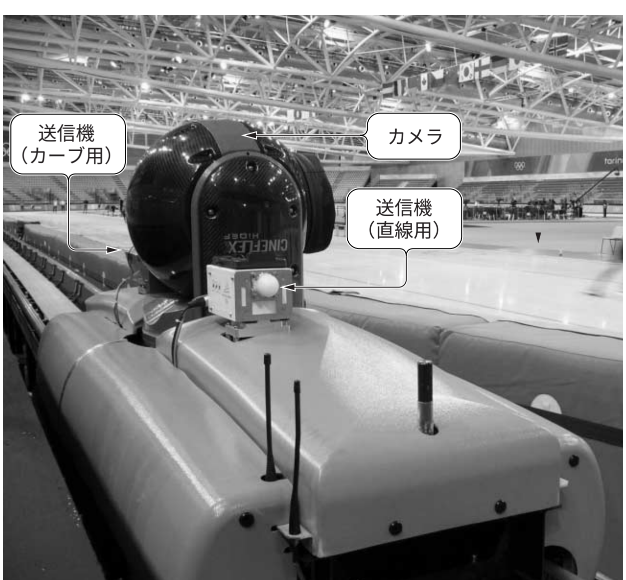


写真3　トリノ・オリンピックのスピード・スケート中継で使われたレール・カメラ（提供：日本放送協会）

● 伝送遅延の少ない圧縮方法や伝送システムが必要に

伝送路の高速化だけでなく，伝送効率を上げるくふうも盛んで，その真ん中にいるのが圧縮技術です．その一つにMotion-JPEGがあります．現在はMosion-JPEG2000が主流になりつつあり，これはフレームごとに映像をJPEG2000方式で圧縮します．Motion-JPEG2000は，フレーム単位でデータが完結するため，編集が容易に行えることや，動き予測を使わないため，MPEG系が苦手とする動きの激しい場面の圧縮効率が高くなります．さらにJPEG2000は可逆圧縮に対応しているため，Motion-JPEG2000によって可逆圧縮による動画を作成することも可能で，映画産業や番組素材伝送の分野から注目されています．ただし，Motion-JPEG2000は静止画圧縮方式であるJPEG2000から派生した規格であるため，音声部分についての規格は確定していません．

放送現場では圧縮による遅延を嫌い，ベースバンドのまま伝送（おもに無線伝送）するいろいろな技術が開発されてきています．**写真3**はトリノ・オリンピックのスピード・スケート中継で使われたレール・カメラの写真です．これまでのレール・カメラのHDTV無線伝送には圧縮技術が使われていたので，信号圧縮による遅延が避けられず，レール・カメラと有線で接続されている固定カメラの併用は困難でした．トリノ・オリンピックでは，ダイバーシティ技術を用い，非圧縮で，直線だけでなくコーナ部分でも安定して送受信できる60GHz帯無線伝送システムが新たに開発されて使われました．このカメラは2006年5月のNHK技

術研究所の一般公開でも展示されていました．

● オーディオは5.1チャネル・サラウンドが一般的に

音声に目を向けると，HDTV放送にはサラウンド放送が付き物になります．トリノ・オリンピック中継では，開閉会式とスケート競技が5.1チャネル・サラウンドで放送されました．2チャネルのステレオではなくサラウンド化することで，高画質映像とともにまるで会場にいるような臨場感が体感できます．春の選抜高校野球でも5.1チャネル・サラウンドが用いられました．これは，HDTV放送があたりまえになったように，5.1チャネル・サラウンドも特別なものではなくなってきたことを示しています．放送の音声はモノラルからステレオに，そしてHDTV放送の時代になり，3.1チャネル・サラウンド，5.1チャネル・サラウンドへと進化してきました．これも映像と同じように，各方面へのインパクトは大きなものがあります．

1990年代初めから，メディアや伝送手段のディジタル化により新しいビジネスが登場すると言われました．制作現場や伝送路のHDTV対応が進むことで，新たな映像ビジネスが生まれるチャンスが目の前にあります．

4．HDTVに関する情報の入手先

この記事を書くにあたり，試しにインターネットで「HDTV」をキーワード検索したところ，82万件以上のヒットがありました．ハイビジョンの情報はこのようにあふれかえっているのですが，ここではお勧めの情報の入手先を紹介します．

● 基礎，要素技術は書籍で

最近，HDTVに特化した書籍は発売されていません．技術書としては，やはり日本放送出版協会（NHK出版）のものが充実しています．

「ハイビジョン」（日本放送出版協会，ISBN：4140720263，1987年10月）は，アナログHDTVのバイブル的な本で，アナログHDTVがすべて網羅されています．ただ，出版が古いので現在の1080方式ではなく1035方式で解説されており，フレーム周波数も30Hz（現在は29.97Hz）で説明されています．

「デジタルHDTVの時代 - ハイビジョン・ルネッサンス」（日本放送出版協会，ISBN：4140071915，1998年11月）はHDTVの概要がわかります．少し細かい技術になると，コロナ社の「ハイビジョン技術シリーズ」が分野別にHDTV技術を解説しています．

HDTV専門ではないのですが，お勧めは「スタジオ技術者のためのテジタルテレビの基礎」（兼六館出版，ISBN：4874620515，2005年3月）で，ビデオ信号の基礎から米国のディジタル放送まで解説した書籍です．翻訳本なので，内容は日本の事情が考慮されていません．

ディジタルHDTV（ベースバンド）については，まとめて解説した良書が見当たらないので，かえって規格を読んだほうがまちがいなさそうです．HDTVに関する代表的な規格を**表3**にまとめました．米国のSMPTE274Mなどは日米ともに共通で使える内容なので便利です．SMPTE274Mは当然英語ですが，「SMPTEデジタル規格集[(2)]」（兼六館出版，ISBN：4874620442，2004年5月）という翻訳が出ています．わかりにくいところには訳者の注もあってお勧めの本です．ただし規格は改訂が頻繁に行われるので，最新情報は原本を確認してください．

民生機器用ではHDMIが主役になる気配ですが，この技術の詳細は，HDMIを提唱している団体に加盟した企業に機密保持契約のもと優先して情報開示されています．そのため，まとまった情報は得にくいのですが，一応，HDMIのWebサイト（http://www.hdmi.org/manufacturer/specification.asp）から仕様をダウンロードできます（登録制）．

● 業務に深くかかわる情報は団体に加盟して入手する

この項の最初に述べたように，インターネット上ではHDTVの情報があふれています．その中でもチェックしておいたほうがよいWebサイトを**表4**にまとめました．ただし，SMPTEやARIBなどの団体ではつねに新しい技術の研究や規格化作業が進められており，その状況は会員でないと知ることはできません．それらの作業は完了後に規格などの形で公になりますが，それから対応していては遅すぎる場合も少なくありません．自分の業務に深く関係する団体には加盟するべきだと思います．

＊　＊　＊

本稿では，HDTVの成り立ちとHDTV時代になって何が変わるか，基本的に何に注意するべきかを中心にまとめました．HDTVは今後の動画技術の中心をなす技術であ

表3　HDTV方式に関連したおもな規格

●ITU-R	
RECOMMENDATION ITU-R BT.709-5	Parameter values for the HDTV* standards for production and international programme exchange
RECOMMENDATION ITU-R BT.1120-4	Digital interfaces for HDTV studio signals
●日本	
平成三年三月一日郵政省令第十六号	高精細度テレビジョン放送（デジタル放送を除く）に関する送信の標準方式
平成三年三月一日郵政省令第十七号	高精細度テレビジョン音声多重放送に関する送信の標準方式
平成六年七月五日郵政省令第四十七号	標準テレビジョン・データ多重放送及び高精細度テレビジョン・データ多重放送に関する送信の標準方式
平成十五年一月十七日総務省令第二十六号	標準テレビジョン放送等のうちデジタル放送に関する送信の標準方式
ARIB　BTA S-001B～006B	1125/60方式HDTVスタジオシステム
ARIB BTA S-1002	HDTV標準観視条件技術資料
ARIB TR-B9	1125 /60方式HDTVスタジオ規格における測色パラメータ運用ガイドライン技術資料
ARIB TR-B20	1125方式ＨＤＴＶスタジオ機器用外部基準信号のガイドライン技術資料
ARIB TR-B24	HDTVシリアルデジタルインタフェースにおけるストレス試験法技術資料
JEITA　CP-4120	デジタルチューナとテレビジョン受信機のＤ端子接続 2000.01
●米国	
SMPTE 240M-1999（Archived 2004）	Television – 1125-Line High-Definition Production Systems – Signal Parameters
SMPTE 260M-1999（Archived 2004）	Television – 1125/60 High-Definition Production System – Digital Representation and Bit-Parallel Interface
SMPTE 274M-2005	Television – 1920 x 1080 Image Sample Structure, Digital Representation and Digital Timing Reference Sequences for Multiple Picture Rates
SMPTE 292M-1998	Television – Bit-Serial Digital Interface for High-Definition Television Systems
SMPTE 295M-1997（Archived 2003）	Television – 1920 x 1080 50-Hz – Scanning and Interface
SMPTE 296M-2001	Television – 1280 x 720 Progressive Image Sample Structure – Analog and Digital Representation and Analog Interface
SMPTE 372M-2002	Television – Dual Link 292M Interface for 1920 x 1080 Picture Raster
RP 160-1997	Three-Channel Parallel Analog Component High-Definition Video Interface
RP 211-2000（Archived 2006）	Implementation of 24P, 25P and 30P Segmented Frames for 1920 x 1080 Production Format
EIA/CEA-770.3-C	High Definition TV Analog Component Video Interface

表4
HDTV関連の情報を入手できるWebサイト

総務省	http://www.soumu.go.jp/
ARIB	http://www.arib.or.jp/
NHK技術情報	http://www.nhk.or.jp/pr/marukaji/
NHK放送技術研究所（刊行物からいろいろな技術がたどれる）	http://www.nhk.or.jp/strl/publica/
NHK放送研修センター（HDTV制作を勉強したい人）	http://www.nhk-cti.jp/
映像情報メディア学会	http://www.ite.or.jp/
電子情報技術産業協会（JEITA）	http://www.jeita.or.jp/
日本規格協会（海外を含むさまざまな規格の入手）	http://www.jsa.or.jp/
独立行政法人 情報通信研究機構（映像通信の最新情報）	http://www.nict.go.jp/index-J.html
HDMI	http://www.hdmi.org/
SMPTE（Society of Motion Picture and Television Engineers）	http://www.smpte.org/
ATSC（Advanced Television Systems Committee）	http://www.atsc.org/
ITU（International Telecommunication Union）	http://www.ituaj.jp/
DVB（Digital Video Broadcasting）	http://www.dvb.org/
カナダGenum社（SDI関連IC）	http://www.gennum.com/vb/
米国Silicon Image社（HDMI関連IC）	http://www.siimage.com/

り，電子映像にかかわるエンジニアにとって必須の技術であるということをご理解いただけたかと思います．

いまむら・もといち
リーダー電子（株）

<筆者プロフィール>
今村元一．テレビ放送開始の1953年生まれ．1957年に東京に出てきてからテレビにかじりついていた筋金入りのテレビっ子です．高校時代にテレビ班というクラブに入ったのがテレビとの技術的な出会い（もちろん真空管式）．今はリーダー電子にてテレビをキーワードにした測定器開発の指揮をとり，長野オリンピックのころのHDTV設備ディジタル化に対応した測定器開発からHDTVと本格的につき合っています．三つ子の魂百まで…かな．